

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

素材をラジラスエンドミルで切削加工して傘歯車鍛造型を製造する方法。

## 【請求項 2】

素材をラジラスエンドミルの側切刃で切削して傘歯車鍛造型の内側面を形成する工程と、素材をラジラスエンドミルの先端切刃で切削して傘歯車鍛造型の内底面を形成する工程と、素材をラジラスエンドミルの側切刃と R 切刃で切削して傘歯車鍛造型の内傾斜面を形成する工程を組み合わせて傘歯車鍛造型を製造する方法。

## 【請求項 3】

ラジラスエンドミルを、工具軸心に対して斜めに移動させながら切削加工する工程を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の傘歯車鍛造型の製造方法。 10

## 【請求項 4】

ラジラスエンドミルを、工具軸心に対して斜めで刃先反対方向に移動させながら切削加工する工程を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の傘歯車鍛造型の製造方法。

## 【請求項 5】

傘歯車鍛造型の面と面が交差する隅に形成される R 部の最小半径に一致する半径の R 切刃を持つラジラスエンドミルを利用することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の傘歯車鍛造型の製造方法。

## 【請求項 6】

先端切刃の少なくとも一部が工具軸心に対して直角方向に形成されているラジラスエンドミルを利用することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の傘歯車鍛造型の製造方法。 20

## 【請求項 7】

傘歯車鍛造型の面と面が交差する隅に形成される R 部の最小半径に一致する半径の R 切刃を持つラジラスエンドミル。

## 【請求項 8】

先端切刃の少なくとも一部が工具軸心に対して直角方向に形成されていることを特徴とする傘歯車鍛造型切削用のラジラスエンドミル。

## 【発明の詳細な説明】 30

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、傘歯車鍛造型を製造する技術に関するものである。特に、傘歯車鍛造型を効率よく製造する技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 傘歯車を鍛造加工するための鍛造型（金型）には、その長寿命化を目的として、硬度が高い材料が用いられている。このため、鍛造型は、硬度が高い材料を加工するのに適した放電加工によって製造されている。特許文献 1 には、歯車用鍛造型を放電加工で製造する技術が記載されている。

## 【0003】

## 【特許文献 1】 40

特開 2000-24838 号公報

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、放電加工して鍛造型を製造するためには、放電加工の特性上、加工に時間がかかったり、放電電極のギャップ調整に手間がかかったりする。このため、製造効率が悪い。

本発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、優れた効率で傘歯車鍛造型を製造することができる技術を提供することを課題とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段および作用と効果】 本発明では、素材をラジラスエンドミルで切削加工して傘歯車鍛造型を製造する。 50

本明細書でいうラジラスエンドミルとは、刃先部分を軸直角方向から見たときに、工具軸心の回りを螺旋状に伸びる切刃（以下では側切刃という）が工具先端において工具軸心に向かって伸びるように方位を変え（工具軸心に向かって伸びる切刃を以下では先端切刃という）、側切刃と先端切刃がR状の（円弧に沿って伸びていることをいう）切刃（以下ではR切刃という）によって連続しているエンドミルを意味する。

ラジラスエンドミルは、側切刃によって段差や溝の側面を切削し、先端切刃によって段差や溝の底面を切削するのに用いられる。両者の間にR切刃が設けられていることにより、側面と底面の間に形成されるR部を加工することもできる。ラジラスエンドミルは、側切刃を利用して側面を切削するか、先端切刃を利用して底面を切削するか、あるいは側切刃と先端切刃両方の両方を利用して側面と底面を同時に切削する場合に用いられる。最後の

10

#### 【0006】

近年、ラジラスエンドミルの送りを制御するNC工作装置やその制御プログラムが進歩し、またラジラスエンドミル自体の精度が改善されたこと等により、ラジラスエンドミルを用いて高硬度な材料を複雑な形状に加工することが可能となってきた。

しかしながらラジラスエンドミルは、側面か、底面か、あるいは側面と底面を切削する場合に限って用いられ、傘歯車等が持つ傾斜面を加工するためには用いられていない。傾斜面に切削加工する場合には、そのために開発されたボールエンドミルが用いられ、ラジラスエンドミルは用いられない。

傘歯車鍛造型は、側面と底面と傾斜面をもち、面同士が交差する部分に形成されるR部の切削も必要とされる。傾斜面に切削加工する必要があることからボールエンドミルを用いて加工することになるが、ボールエンドミルでは側面と底面をうまく切削加工することができない。さりとて、傾斜面を切削加工する必要があることからラジラスエンドミルを用いて加工することはできないと考えられていた。従来は、側面と底面と傾斜面を持つ傘歯車鍛造型を、硬い素材から切削して製造するのに好適な工具がないために、放電加工して製造していた。

20

#### 【0007】

本発明者らは発想を転換し、ラジラスエンドミルの加工パスを改良することによって、側面と底面と傾斜面を持つ傘歯車鍛造型をラジラスエンドミルを利用して切削加工するのに成功した。

30

ラジラスエンドミルを利用すると短時間で切削でき、放電加工に比べて加工時間が大幅に短縮される。本発明によってラジラスエンドミルを利用して傘歯車鍛造型を製造することに成功したために、傘歯車鍛造型の製造効率が大幅に改善された。

#### 【0008】

素材をラジラスエンドミルで切削加工して傘歯車鍛造型を製造する場合、素材をラジラスエンドミルの側切刃で切削して傘歯車鍛造型の内側面を形成する工程と、素材をラジラスエンドミルの先端切刃で切削して傘歯車鍛造型の内底面を形成する工程と、素材をラジラスエンドミルの側切刃とR切刃で切削して傘歯車鍛造型の内傾斜面を形成する工程を組み合わせることで傘歯車鍛造型を製造することが好ましい。

#### 【0009】

側切刃で内側面を形成する工程と、先端切刃で内底面を形成する工程と、側切刃とR切刃で内傾斜面を形成する工程を組み合わせることで傘歯車鍛造型を製造するようにすると、基本的にはラジラスエンドミルだけで切削加工することができ、傘歯車鍛造型を短時間で製造することができるようになる。

40

特に、側切刃とR切刃を利用して傾斜面に切削加工するようにすると、切削加工に要する時間が大幅に短縮化される。

#### 【0010】

素材をラジラスエンドミルで切削加工して傘歯車鍛造型を製造する場合、ラジラスエンドミルを、工具軸心に対して斜めに移動させながら切削加工する工程を含むことが好ましい。

50

このようにすると、ラジラスエンドミルによって傾斜面を切削加工することができる。

【0011】

素材をラジラスエンドミルで切削加工して傘歯車鍛造型を製造する場合、ラジラスエンドミルを、工具軸心に対して斜めで刃先反対方向に移動させながら切削加工する工程を含むことが好ましい。

ラジラスエンドミルを、工具軸中心に対して斜めで刃先反対方向に移動させると、ラジラスエンドミルの側切刃が素材を切削する。ラジラスエンドミルは、先端切刃よりも側切刃の方が切削性に優れている。このため、優れた効率で傘歯車鍛造型を製造することができる。

【0012】

素材をラジラスエンドミルで切削加工して傘歯車鍛造型を製造する場合、傘歯車鍛造型の面と面が交差する隅に形成されるR部の最小半径に一致する半径のR切刃を持つラジラスエンドミルを利用することが好ましい。

傘歯車鍛造型の面と面が交差する隅に形成されるR部の最小半径に一致する半径のR切刃を持つラジラスエンドミルを利用して傘歯車鍛造型を製造すると、R部を加工するのに他の工具（例えば、ボールエンドミル）を用意する必要がない。従って、同一工具で切削加工を持続することができ、作業効率が高い。

【0013】

素材をラジラスエンドミルで切削加工して傘歯車鍛造型を製造する場合、先端切刃の少なくとも一部が工具軸心に対して直角方向に形成されているラジラスエンドミルを利用することが好ましい。

先端切刃の少なくとも一部の切刃が工具軸心に対して直角方向に形成されていると、切削時にその切刃は素材に軸心直角方向の平面を形成する。このため、先端切刃が切削しながら素材の切削面を均す効果が生じ、加工軌跡が付いてしまうのを抑制することができる。

【0014】

ラジラスエンドミルは、傘歯車鍛造型の面と面が交差する隅に形成されるR部の最小半径に一致する半径のR切刃を持つことが好ましい。

このようなラジラスエンドミルで傘歯車鍛造型を製造すると、R部を加工するのに他の工具を用意する必要がない。

【0015】

傘歯車鍛造型切削用のラジラスエンドミルは、先端切刃の少なくとも一部が工具軸心に対して直角方向に形成されていることが好ましい。

このようなラジアルエンドミルを用いることにより、加工軌跡が付いてしまうのを抑制することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態に係る傘歯車鍛造型の製造方法について、図面を参照しながら説明する。

最初に、図1を参照しながら、完成した傘歯車鍛造型10について説明する（以下では、図1の上下方向を傘歯車鍛造型10の上下方向とする）。図1に示されているように、傘歯車鍛造型10は、放射状に配置された複数の歯型（歯溝）12、歯型（歯溝）12間に形成される歯溝（歯型）14を備えている。歯型（歯溝）12には、歯型側面（歯面）12a、歯型上面12b、歯面（歯底）12cが形成されている。歯溝（歯型）14には、歯先面（大径）14aと歯溝底面（歯先）14bが形成されている。傘歯車鍛造型10の底部には、歯型（歯溝）12と歯溝（歯型）14で囲まれた底面18が形成されている。底面18の中央部には、円形状の開口部17が設けられている。

【0017】

傘歯車鍛造型10は、ラジラスエンドミルによって切削成形される。ここでラジラスエンドミルとは、刃先部分を軸直角方向から見たときに、工具軸心の回りを螺旋状に伸びる切刃（側切刃）が工具先端において工具軸心に向かって伸びるように方位を変え（工具軸心に向かって伸びる切刃を以下では先端切刃という）、側切刃と先端切刃がR状（円弧状）

10

20

30

40

50



の切刃（以下ではR切刃という）によって連続しているエンドミルを意味する。

図2、図3は、2枚刃のラジラスエンドミル30を例示している。ラジラスエンドミル30の切刃32は、側切刃32aと、側切刃32aに連続するR状のR切刃32bと、R切刃32bから軸中心30a方向に向かって伸びる先端切刃32cを備えている。切刃32間には、軸30a方向に伸びるチップ排出溝36が設けられている。ラジラスエンドミル30は、図示しないNC工作装置に装着され、軸中心30a回りに回転しながら軸直角方向や軸方向に送られることにより、素材を切削加工する。

#### 【0018】

傘歯車鍛造型10は、図4、図5に示す中間素材10aから加工される。中間素材10aは、高硬度材料を鍛造成形したものである。中間素材10aは、その上部に段状に形成された段状部11、段状部11に連なるすり鉢状部21、すり鉢状部21の下端に連続する水平な底面13を備えている。底面13の中央部には、開口部17が形成されている。

10

図6に示されているように、傘歯車鍛造型10を加工するに際しては、まず最初に、ラジラスエンドミル30を中間素材10aの周方向に送りながら、段状部11の側面11aと下端面11bを荒加工する。この加工のときには、ラジラスエンドミル30は、周方向に1回転する毎に側面11aと下端面11b側に僅かに送られる。このため、側面11aと下端面11bは、ラジラスエンドミル30が周方向に1回転する毎に少しずつ切削される。なお、ここで荒加工とは、仕上加工前に、1回の加工でできるだけ多くの削り代を切削する加工を意味する。

#### 【0019】

20

続いて、図7に示されているように、ラジラスエンドミル30を中間素材10aの周方向に送りながら底面13を荒加工する。ラジラスエンドミル30は、周方向に1回転する毎に底面13側に僅かに送られる。このため、底面13は、ラジラスエンドミル30が1回転する毎に少しずつ切削される。底面13が荒加工されると、傘歯車鍛造型10の仕上加工前の底面18が形成される。

なお、図8に示されているような、段状部11と底面13が設けられていない中間素材10aを用い、図9に示されているように、ラジラスエンドミル30で段状部11を形成することもできる。

#### 【0020】

中間素材10aの段状部11と底面13の荒加工が終了すると、次に図10に示されているように、ラジラスエンドミル30を軸直角方向と刃先反対方向（矢印19の方向）に同時に送りながらすり鉢状部21に溝15を荒加工する（以下においては、ラジラスエンドミル30を軸直角方向と刃先反対方向に同時に送ること（斜め送り）を「かけ上がり加工」と言う）。なお、溝15の加工には、段状部11と底面13を加工したのと同じラジラスエンドミル30を用いる。図10は、加工が完了した状態の溝15を図示している。詳しくは後述するが、溝15が更に加工されることにより、歯溝（歯型）14が形成される。

30

図11は、溝15を加工している途中の状態を示している。ラジラスエンドミル30は、かけ上がり加工を繰り返しながら少しずつ溝15を加工してゆく。ラジラスエンドミル30は、底面18側からかけ上がり加工して段状部11に達すると中間素材10aから離れ、底面18側に戻ってから再びかけ上がり加工することを繰り返す。溝15は、点線15aで示されている深さまで荒加工される。溝15の下方で点線15aよりも外方側（図11の右側）の切削を行っていないのは、歯溝（歯型）14が下方側で狭くなっているため、それ以上切削すると歯型（歯溝）12を彫り込んでしまうからである。

40

#### 【0021】

このように、ラジラスエンドミル30でかけ上がり加工することにより、1回の送りで広い範囲を切削することができる。ラジラスエンドミル30は、1つの溝15の加工が終了すると、隣の溝15を加工する。ラジラスエンドミル30が順次溝15の加工を繰り返すことにより、すり鉢状部21の全周に渡って放射状の配置された溝15が形成される。

ラジラスエンドミル30は、軸直角方向に送られることによって素材を切削するのを主目

50

的とする工具である。このため、ラジラスエンドミル 30 の側切刃 32 a は高い切削能力を有している。従って、ラジラスエンドミル 30 が軸方向と軸直角方向に同時に送られる場合、刃先側に送られて先端切刃 32 c が切削を行うよりも、刃先反対方向に送られて側切刃 32 a が切削を行う方が加工性に優れている。従って、ラジラスエンドミル 30 でかけ上がり加工（軸直角方向と刃先反対方向に同時送り）すると、側切刃 32 a を用いて溝 15 を効率的に加工することができる。

#### 【0022】

溝 15 の加工に続いて、図 12 に示されているように、ラジラスエンドミル 30 で溝 15 の上部に凹状部 23 を荒加工する。凹状部 23 の加工に用いるラジラスエンドミル 30 も、段状部 11、底面 13、溝 15 を加工したのと同じものを用いる。このように、加工形状が異なっても同じラジラスエンドミル 30 を継続して用いることにより、その交換に要する手間を削減することができる。

10

図 13 に良く示されているように、ラジラスエンドミル 30 は、トリコロイド加工しながら凹状部 23 を加工する。トリコロイド加工とは、ラジラスエンドミル 30 が軸回りに回転（矢印 30 e）しながら、軸自身が回転（矢印 30 d）する運動である。ラジラスエンドミル 30 がトリコロイド加工を行うと、凹状部 23 を効率良く加工することができる。

図 14 は、凹状部 23 が加工された状態を図示している。

#### 【0023】

凹状部 23 を加工してから、ラジラスエンドミル 30 を段状部 11、底面 18、溝 15、凹状部 23 の加工に用いたよりも径が小さいものに交換する。そして、図 15 に示されているように、ラジラスエンドミル 30 でかけ上がり加工しながら溝 15 を更に深く彫り込んで溝 52 を加工する。ラジラスエンドミル 30 は、かけ上がり加工を繰り返しながら少しずつ溝 52 を加工してゆく。ラジラスエンドミル 30 は、凹状部 23 に達すると、中間素材 10 a から離れ、底面 18 側に戻ってから再び溝 52 をかけ上がり加工する。溝 52 は、点線 52 a で示されている深さまで加工される。図 16 は、溝 52 が加工された状態を図示している。

20

#### 【0024】

なお、凹状部 23 と溝 52 の加工に代えて、図 17 に示されているように、ラジラスエンドミル 30 を矢印 42 あるいは矢印 43 の方向に送り、歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 を荒加工することもできる。

30

#### 【0025】

続いて、溝 52 の加工に用いたのと同じラジラスエンドミル 30 で歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 を荒加工する。具体的には、図 18、図 19 に示されているように、ラジラスエンドミル 30 を中間素材 10 a の周方向に送りながら、同時に径方向にも送ることにより、歯型（歯溝）12 の歯型側面（歯面）12 a、歯面（歯底）12 c、歯溝（歯型）14 の歯先面（大径）14 a を加工する。歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 は、ラジラスエンドミル 30 によって中間素材 10 a の外径側に向かって少しずつ切削されてゆく。本加工は、中間素材 10 a の上部から開始され、仕上加工の削り代 50  $\mu$ m が残るまで切削する。仕上加工の削り代が残るまで切削すると、ラジラスエンドミル 30 は僅かに下方に送られ、中間素材 10 a の周方向と径方向に送られながら歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 の切削を繰り返す。歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 が加工されると、段状部 11 の下端面 11 b が彫り込まれることにより、そこに歯型上面 12 b が形成される。図 19 に良く示されているように、ラジラスエンドミル 30 は、底面 18 と一致する深さ（点線 54）まで歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 を加工する。底面 18 と一致する深さまで歯溝（歯型）14 を加工すると、歯溝底面（歯先）14 b が形成される。このようにして、図 1 に示されている形状の仕上加工前の傘歯車鍛造型 10 が形成される。

40

#### 【0026】

引き続き、仕上加工が行われる。仕上加工では、荒加工によって形成された歯型（歯溝）12 や歯溝（歯型）14 等を深さ 50  $\mu$ m 分切削する。具体的には、図 20 に示されているように、ラジラスエンドミル 30 で歯型上面 12 b を仕上加工する。次に、ラジラス

50

エンドミル 30 で歯型（歯溝）12、歯溝（歯型）14 を仕上加工する。この加工では、図 18、19 を参照しながら説明した荒加工と同様に、ラジラスエンドミル 30 が、中間素材 10a の周方向と径方向に同時に送られながら歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 を加工し、その高さでの歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 の加工が終わると、僅かに下方に送られて更に歯型（歯溝）12 と歯溝（歯型）14 を加工することを繰り返す。最下方まで送られたラジラスエンドミル 30 は、歯溝底面（歯先）14b と底面 18 も仕上加工する。なお、隅部等に小さな R を必要とする場合には、径が小さいボールエンドミルを用いてさらに仕上加工を行う。

以上説明した加工を経て、傘歯車鍛造型 10 は完成する。

#### 【0027】

10

図 21 は、ラジラスエンドミル 30 が歯型側面（歯面）12a と歯溝底面（歯先）14b を結ぶ隅部 46 と、歯溝底面（歯先）14b を加工している状態を例示している。この加工では、ラジラスエンドミル 30 は、図 21 の紙面直角方向に送られる。ラジラスエンドミル 30 の R 切刃 32b によって、R 切刃 32b と同形状の R が隅部 46 に形成される。このような R は、ラジラスエンドミル 30 の代わりにボールエンドミルを用いて形成することもできる。しかしながら、ボールエンドミルの切刃は全体として R 状である。このため、ボールエンドミルで隅部 46 を形成しても、歯溝底面（歯先）14b を同時に加工することができない。従って、歯溝底面（歯先）14b に削り残しが発生する。このため、ボールエンドミルを複数回送ることを繰り返さないと歯溝底面（歯先）14b を加工することができない。よって、ラジラスエンドミル 30 を用いるよりも工数が余分にかかってしまおうとともに、歯溝底面（歯先）14b に複数の小さな R が連続する加工軌跡が形成されてしまい、滑らかな形状とならない（仕上がりがきつくない）。ボールエンドミルに代えてラジラスエンドミル 30 を用いることにより、工数の低減と、良好な仕上がりを得ることが可能になる。

20

#### 【0028】

ラジラスエンドミル 30 の R 切刃 32b とボールエンドミルの切刃の R が同一の場合、ラジラスエンドミル 30 はボールエンドミルよりも径を大きくできる。このため、ラジラスエンドミル 30 の軸直角方向の剛性は、ボールエンドミルのそれよりも大きくなる。剛性が大いいと、切削加工を行う際の切刃の変位（切刃の逃げ）が少なくなる。従って、ラジラスエンドミル 30 を用いると、ボールエンドミルを用いる場合に比べて、より精度が高い加工を行うことが可能になる。また、ラジラスエンドミル 30 は、R 切刃 32b とボールエンドミルの切刃の R が同じの場合に、ボールエンドミルよりも径を大きくすることができるので、切刃（側切刃 32a、R 切刃 32b、先端切刃 32c）の周速が大きい。切刃の周速が大きいと、高い切削速度を得ることができる。

30

#### 【0029】

ラジラスエンドミル 30 が加工する中間素材 10a の材料は、傘歯車鍛造型 10 の長寿命化のために、高硬度（一般的に、ロックウエル硬さ 60 HRC 以上）のものが使用される。高硬度材料を加工する場合のラジラスエンドミル 30 の好ましい寸法の一例としては、R 切刃 32b の R が 0.5 mm、その公差がプラスマイナス 5  $\mu$ m、R 切刃 32b の R 中心位置（図 11 の符号 71）の公差がプラスマイナス 5  $\mu$ m である。このような寸法のラジラスエンドミル 30 を用いることにより、高硬度材料を精度良く加工できる。この R については、傘歯車鍛造型 10 の最小加工半径 0.5 mm に基づくものである。即ち、傘歯車の製品精度を保証するため、傘歯車鍛造型 10 における R 部（例えば、隅部 46）の許容最小値を 0.5 mm とした場合、その値と同一である R 0.5 mm を本ラジラスエンドミル 30 の R 切刃 32b の R 値としている。このように、被加工物の許容加工値に基づくという技術思想により、ラジラスエンドミル 30 曲率または半径を決定している。

40

また、ラジラスエンドミル 30 の断面積率を高くすると、軸方向の剛性を大きくすることができ、加工精度を高めることができる。ここで、断面積率とは、ラジラスエンドミルの横断面において、外径に対する切溝を除いた部分の割合を意味する。

#### 【0030】

50



ラジラスエンドミル 30 の切刃 32 の先端は、図 22 において点線で示されているような凹部 61 が設けられているのが一般的である。凹部 61 が設けられていると、R 切刃 32 b の終端（R 止まり）にエッジ（角）64 が形成される。エッジ 64 が形成されると、良好な底面切削荒さを得ることができない。すなわち、エッジ 64 によって、加工後の素材に加工軌跡が残ってしまう。

これを防止するために、切刃 32 に R 切刃 32 b に連続して軸直角方向に形成される平坦部 62 を設けるのがよい。このように構成すると、R 切刃 32 b の終端が滑らかに平坦部 62 に連なるので、エッジ 64 が形成されない。このため、良好な底面切削荒さを得ることができる（加工軌跡を抑制することができる）。また、ラジラスエンドミル 30 に平坦部 62 が設けられていると、平坦部 62 は軸直角方向の平面を素材に形成する。このため、平坦部 62 が切削しながら素材を均す効果が生じ、このことも加工軌跡の抑制に寄与する。

10

#### 【0031】

図 23 は、ボールエンドミル 90 で素材を加工する場合の設計形状（加工上の目標形状）と実加工形状（実際に加工される形状）を模式的に図示している。ボールエンドミル 90 の先端切刃部分は、周速が遅い。このため、図 23 の左側に示されているように、ボールエンドミル 90 が軸直角方向に送られながら加工を行うと、先端切刃によって素材がむしれてしまい、設計形状よりも深く実加工形状が加工されてしまうという現象が発生する。ボールエンドミル 90 の切刃側面で素材を加工する場合（図 23 の右側の図示）には、ボールエンドミル 90 の変形にともなう切刃の逃げによって、実加工形状は設計形状からず

20

#### 【0032】

図 24 は、ラジラスエンドミル 30 で素材を加工する場合の設計形状と実加工形状を模式的に図示している。ラジラスエンドミル 30 の径は、上述したボールエンドミル 90 と同じである。図 24 の左側に図示されているように、ラジラスエンドミル 30 が軸直角方向に送られながら加工を行う場合、ラジラスエンドミル 30 は、ボールエンドミル 90 と異なり、周速が速い R 切刃 32 b と先端切刃 32 c で素材を切削する。このため、ボールエンドミル 90 のように素材がむしれてしまうことがなく、実加工形状が設計形状どおりになる。

ラジラスエンドミル 30 が軸方向に送られ、その側切刃 32 a で素材を加工する場合（図 24 の右側の図示）には、ラジラスエンドミル 30 の変形にともなう切刃の逃げによって、実加工形状は設計形状からずれて加工される。

30

#### 【0033】

従って、設計形状と実加工形状とのズレを見込んで素材に対する位置関係を補正する場合に、ボールエンドミル 90 は、先端切刃による素材のむしれと、切刃の逃げの両者を考慮しなければならない。これに対して、ラジラスエンドミル 92 では、切刃の逃げのみを考慮すればよい。よって、ボールエンドミル 90 よりもラジラスエンドミル 30 を用いる方が、NC 加工装置に記憶させる加工に係るプログラムを簡単にすることができる。前述したように、隅 R 部の半径が同じであれば、ボールエンドミルよりもラジラスエンドミルの方が、工具半径が大きい。太いラジラスエンドミルによると、切刃の逃げが小さくてすみ、これもまたツールパスを規定するプログラムを単純化する。

40

#### 【0034】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示にすぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時の請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成するものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

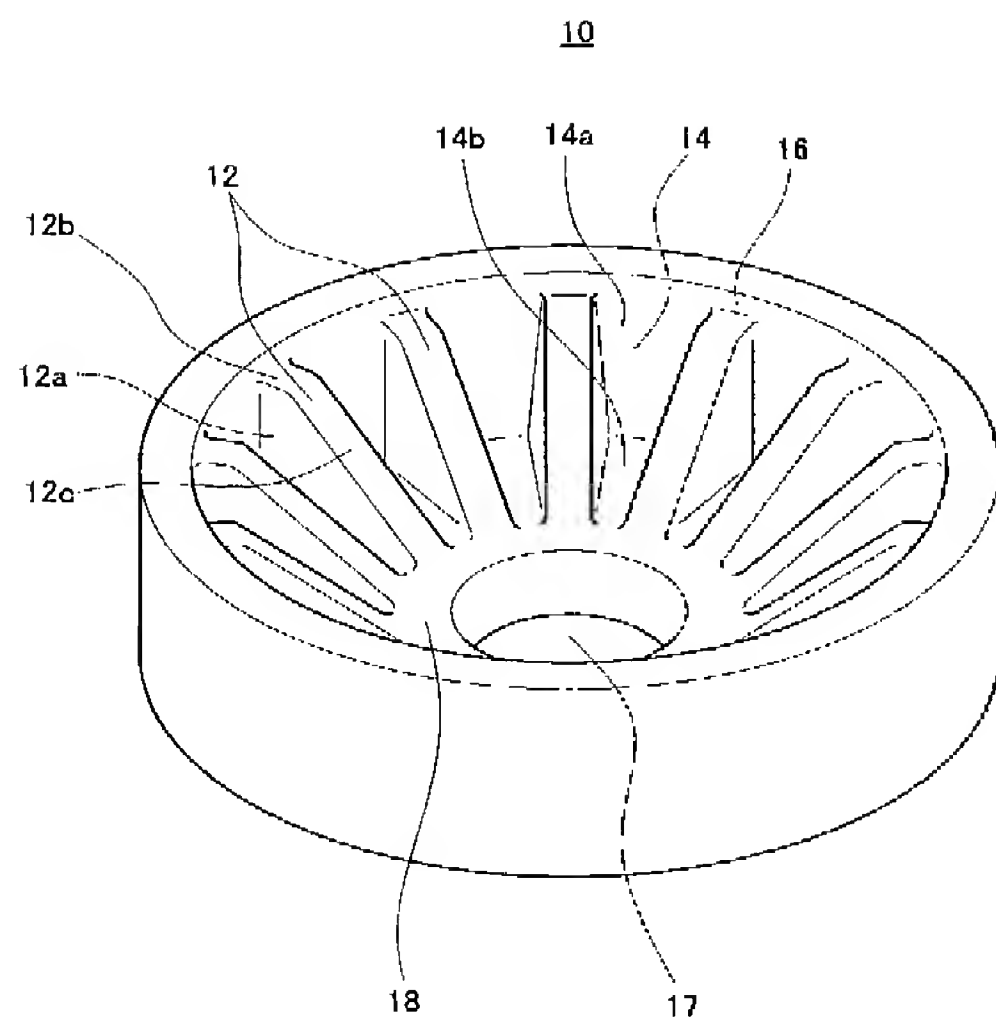
#### 【図面の簡単な説明】

50

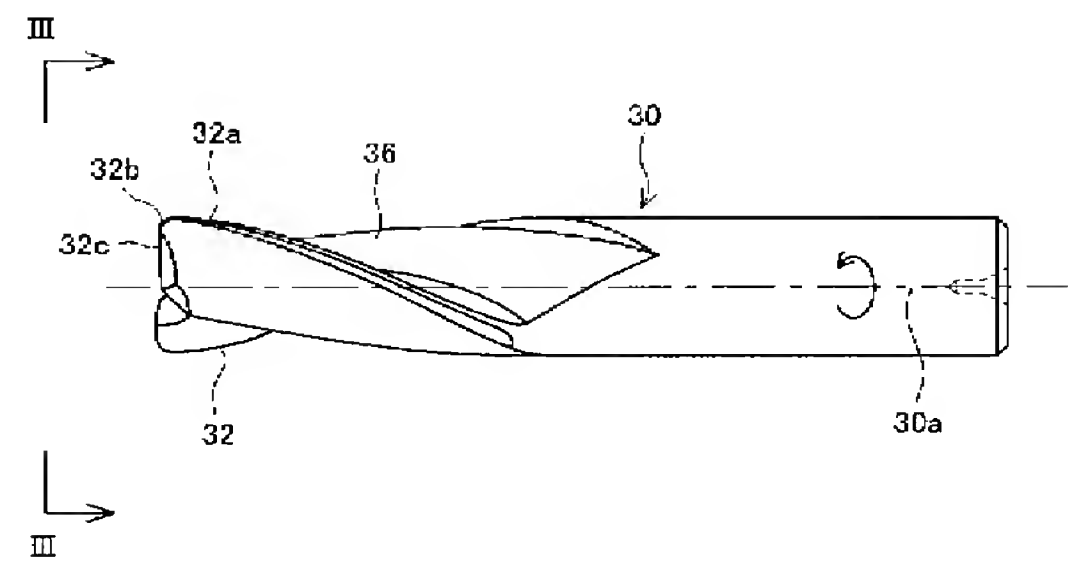


- 【図 1】実施形態に係る傘歯車鍛造型の斜視図。
- 【図 2】実施形態に係るラジラスエンドミルの側面図。
- 【図 3】図 2 の I I I - I I I 線矢視図。
- 【図 4】実施形態に係る中間素材の斜視図。
- 【図 5】実施形態に係る中間素材の断面図。
- 【図 6】実施形態に係る中間素材の段状部を加工している状態の断面図。
- 【図 7】実施形態に係る中間素材の底面を加工している状態の断面図。
- 【図 8】実施形態に係る中間素材の断面図。
- 【図 9】実施形態に係る中間素材に段状部を加工している状態の断面図。
- 【図 10】実施形態に係る中間素材のすり鉢状部に溝を加工している状態の斜視図。 10
- 【図 11】実施形態に係る中間素材のすり鉢状部に溝を加工している状態の断面図。
- 【図 12】実施形態に係る中間素材に凹状部を加工している状態の断面図。
- 【図 13】図 12 の X I I I - X I I I 線矢視図。
- 【図 14】実施形態に係る中間素材に凹状部が加工された状態の斜視図。
- 【図 15】実施形態に係る中間素材に溝を加工している状態の断面図。
- 【図 16】実施形態に係る中間素材に溝が加工された状態の斜視図。
- 【図 17】実施形態に係る中間素材に歯型を加工している状態の斜視図。
- 【図 18】実施形態に係る中間素材に歯型と歯溝を加工している状態の斜視図。
- 【図 19】実施形態に係る中間素材に歯型と歯溝を加工している状態の断面図。
- 【図 20】実施形態に係る傘歯車鍛造型を仕上加工している状態の断面図。 20
- 【図 21】実施形態に係るラジラスエンドミル加工の細部を説明する断面図。
- 【図 22】実施形態に係るラジラスエンドミル（変形例）。
- 【図 23】ボールエンドミルの加工説明図。
- 【図 24】実施形態に係るラジラスエンドミルの加工説明図。
- 【符号の説明】
- 10：傘歯車鍛造型、10a：中間素材
- 11：段状部、11a：側面、11b：下端面
- 12：歯型（歯溝）、12a：歯型側面（歯面）、12b：歯型上面、12c：歯面（歯底） 12c
- 13：底面 30
- 14：歯溝（歯型）、14a：歯先面（大径）、14b：歯溝底面（歯先）
- 15：溝、15a：点線
- 17：開口部
- 18：底面
- 19：矢印
- 21：すり鉢状部
- 23：凹状部
- 30：ラジラスエンドミル、30a：軸
- 32：切刃、32a：側切刃、32b：R切刃、32c：先端切刃
- 36：チップ排出溝 40
- 42、43：矢印
- 46：隅部
- 52：溝、52a：点線
- 61：凹部
- 62：平坦部
- 90：ボールエンドミル

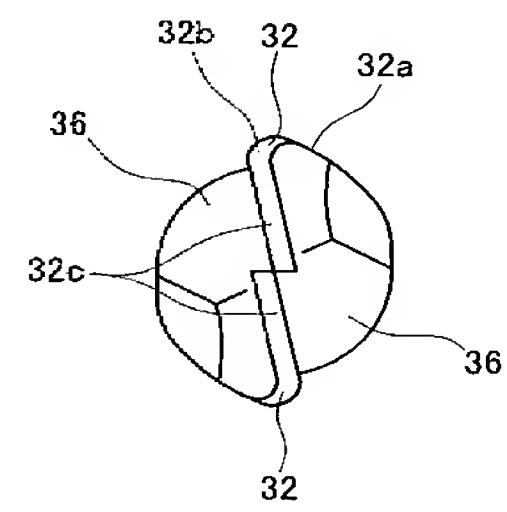
【図 1】



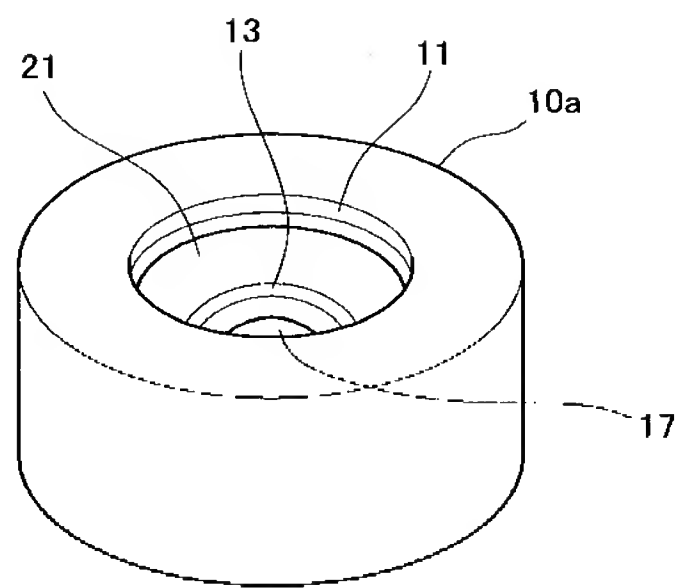
【図 2】



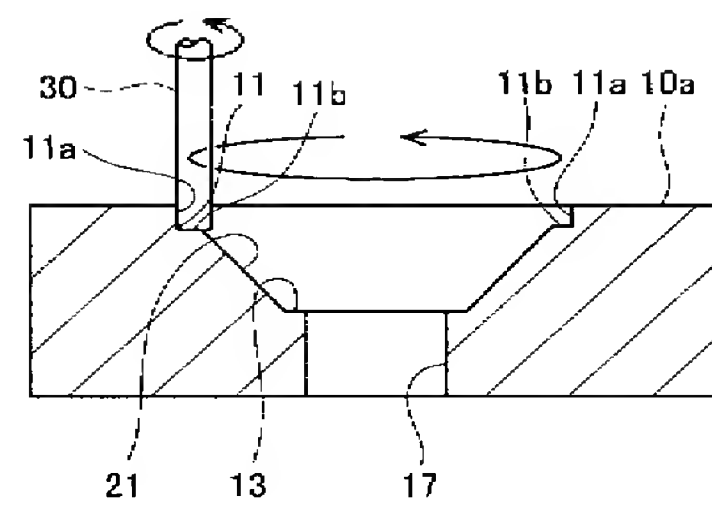
【図 3】



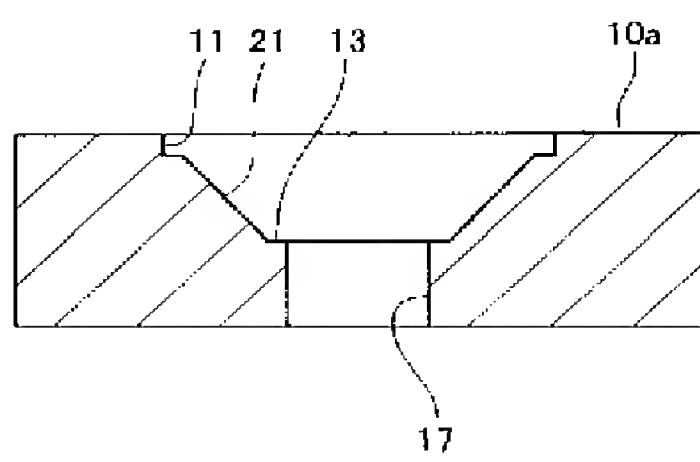
【図 4】



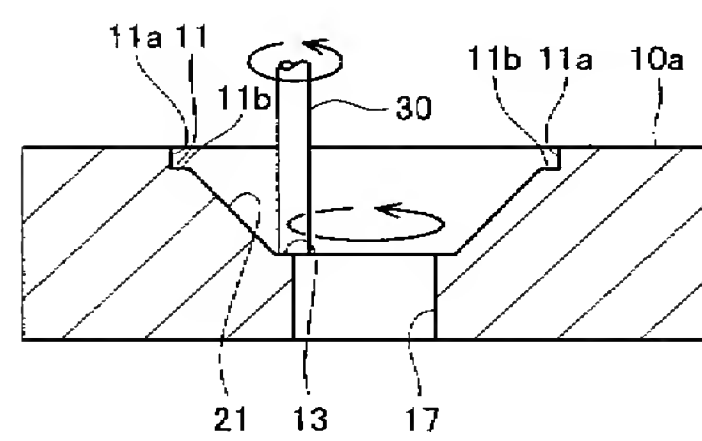
【図 6】



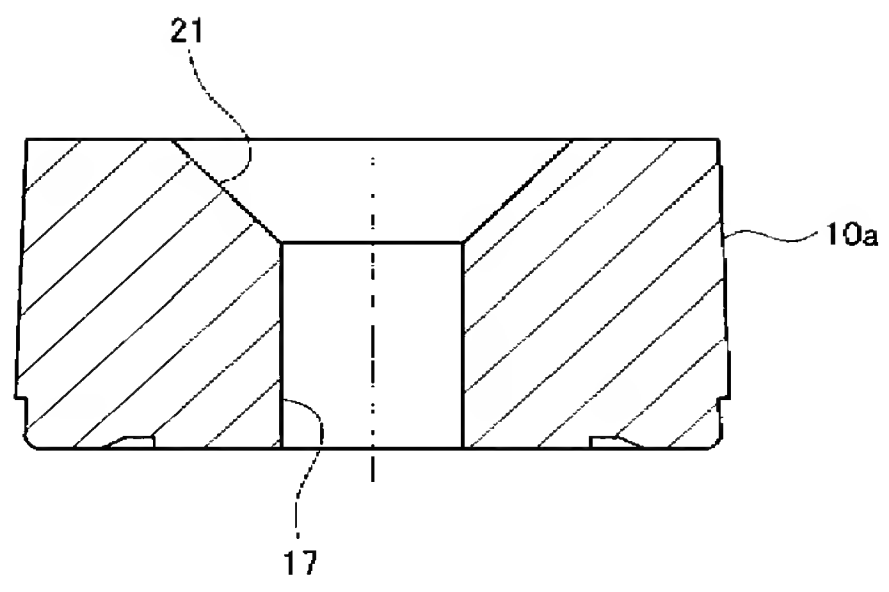
【図 5】



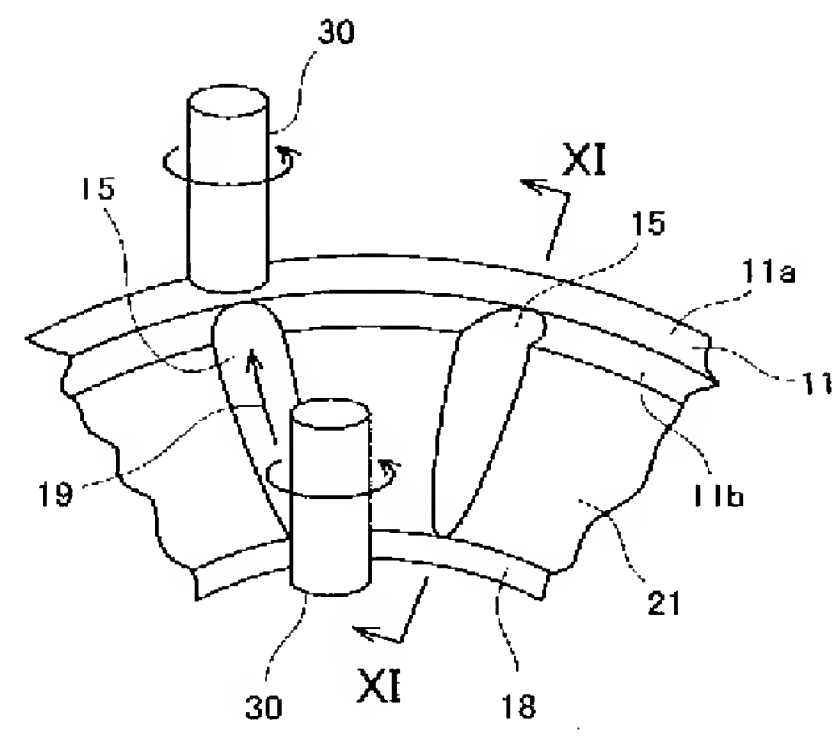
【図 7】



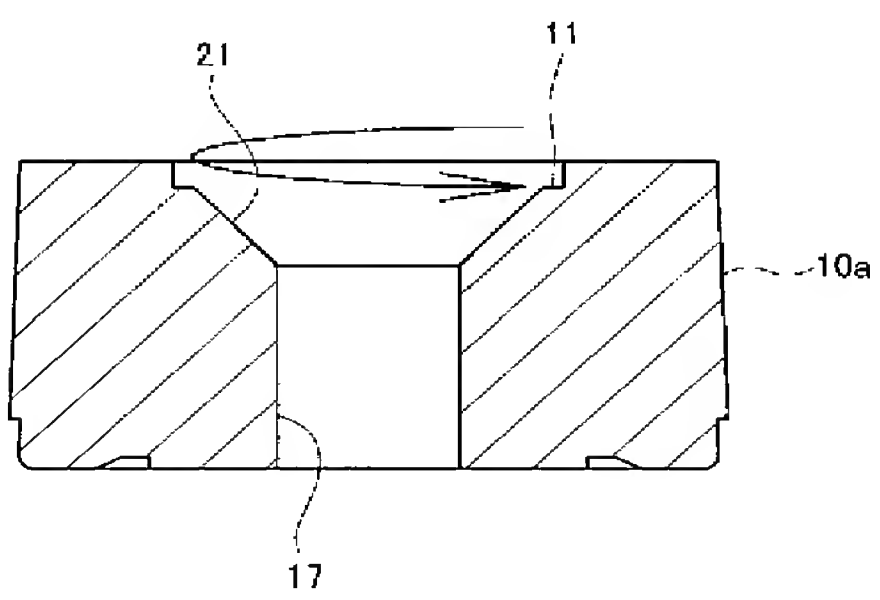
【図 8】



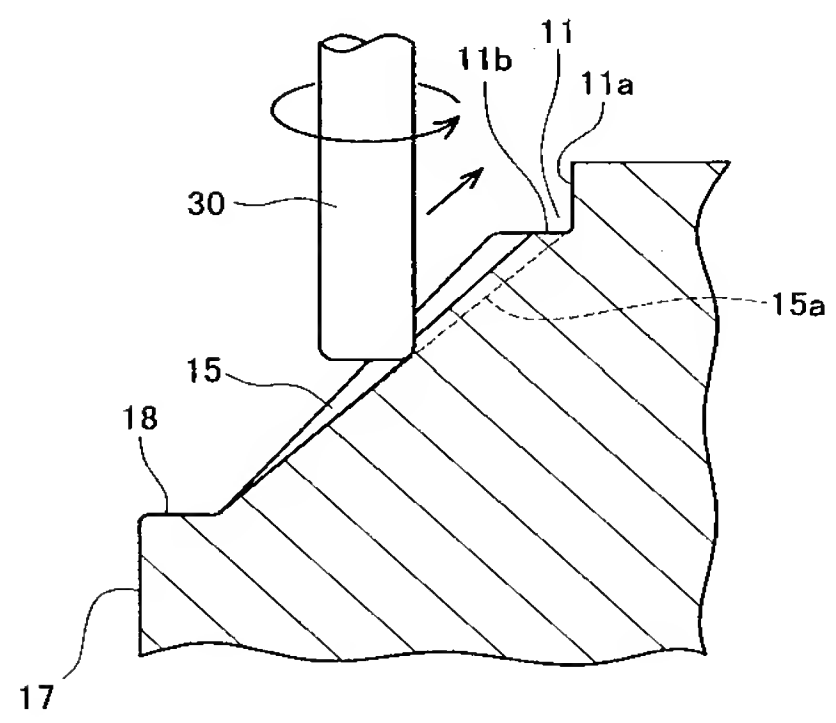
【図 10】



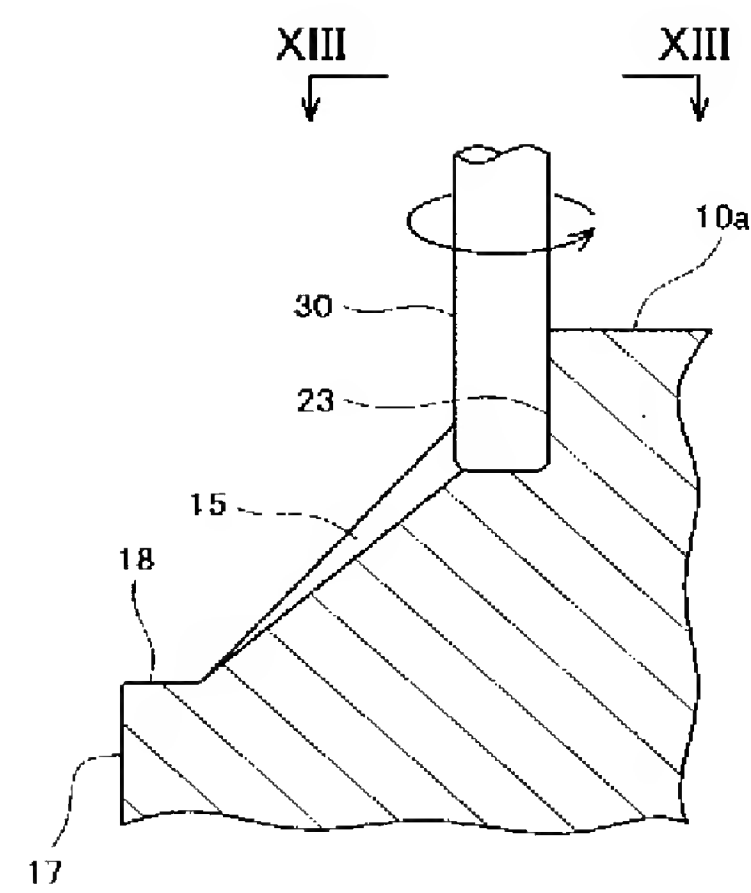
【図 9】



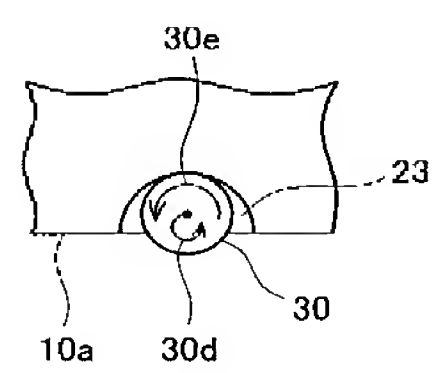
【図 11】



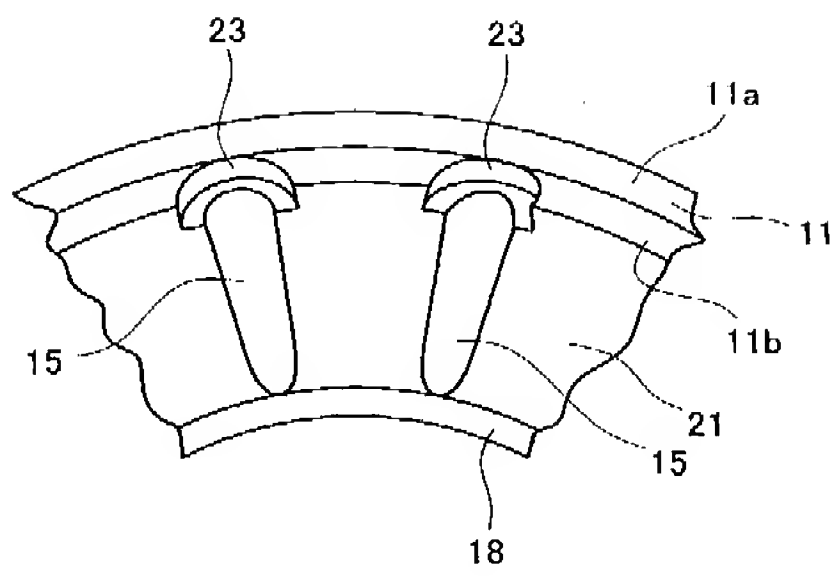
【図 12】



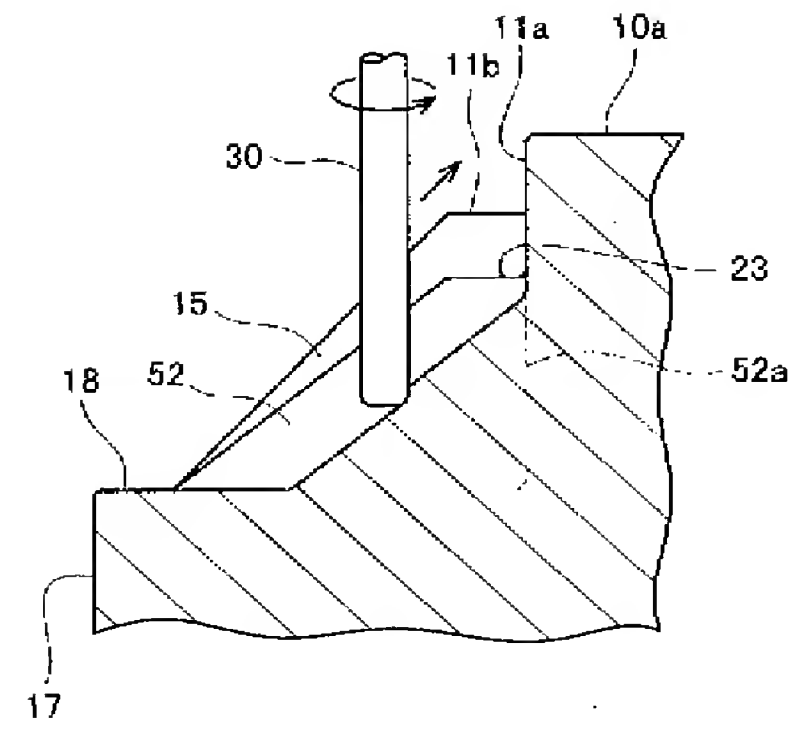
【図 13】



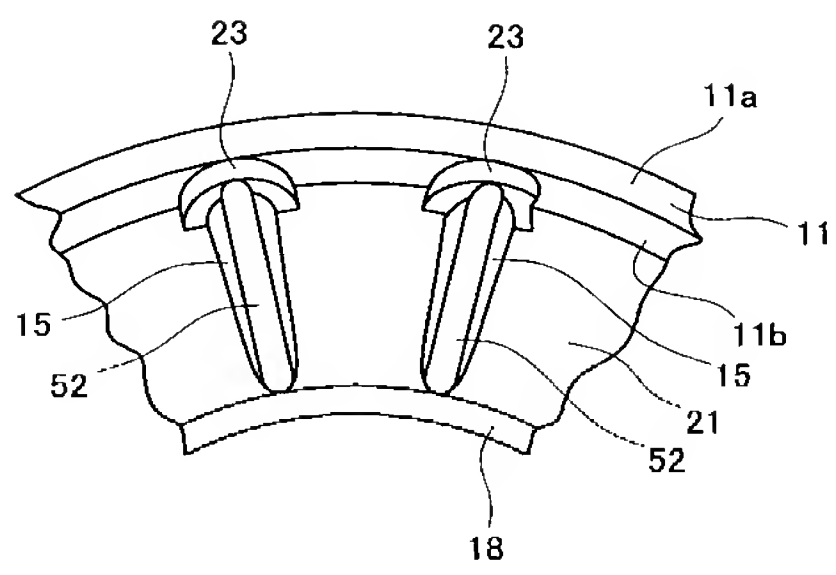
【図 1 4】



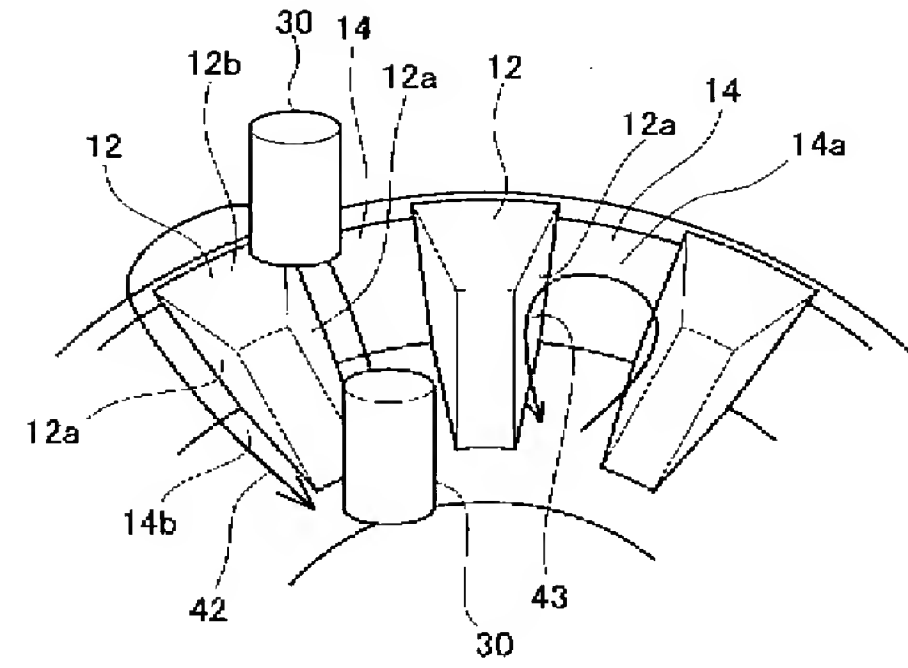
【図 1 5】



【図 1 6】

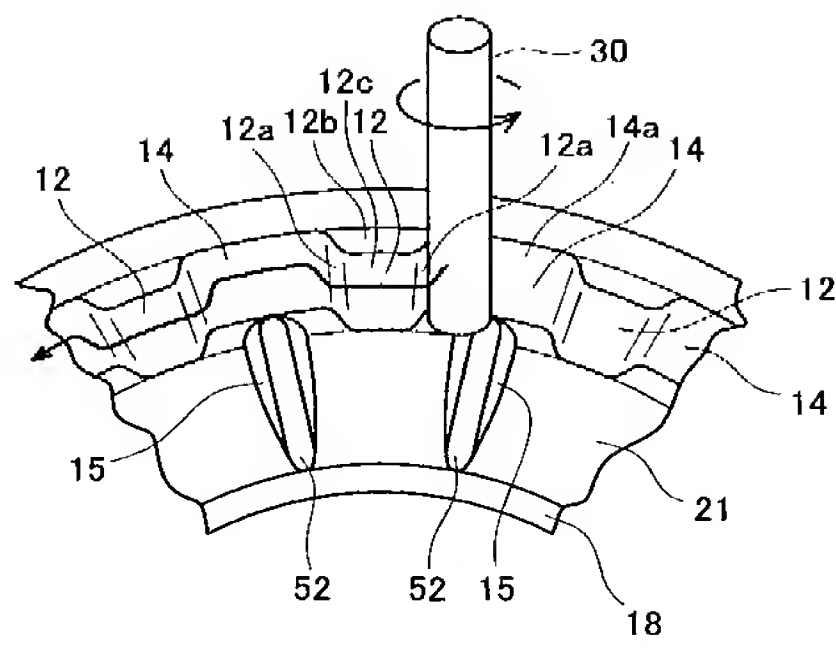


【図 1 7】

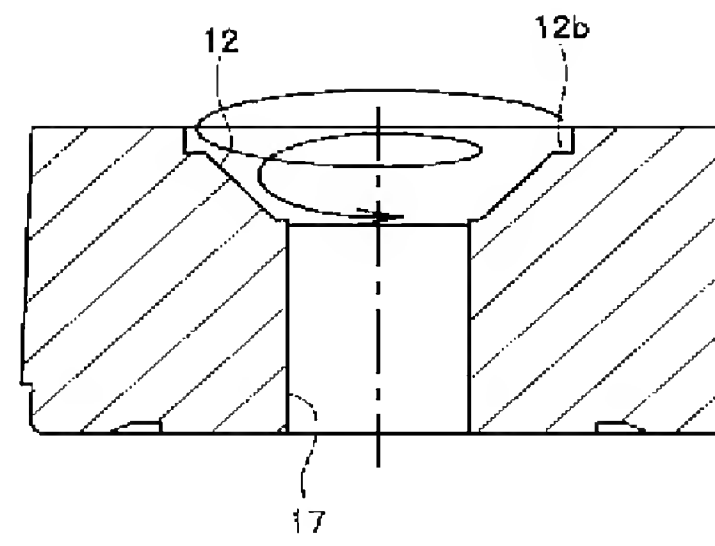




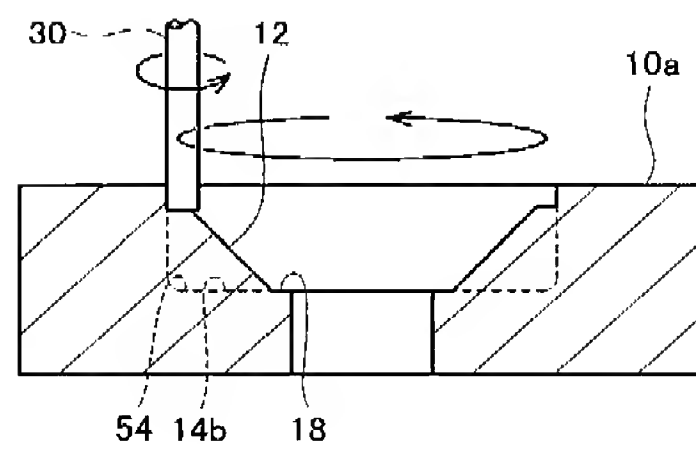
【図 18】



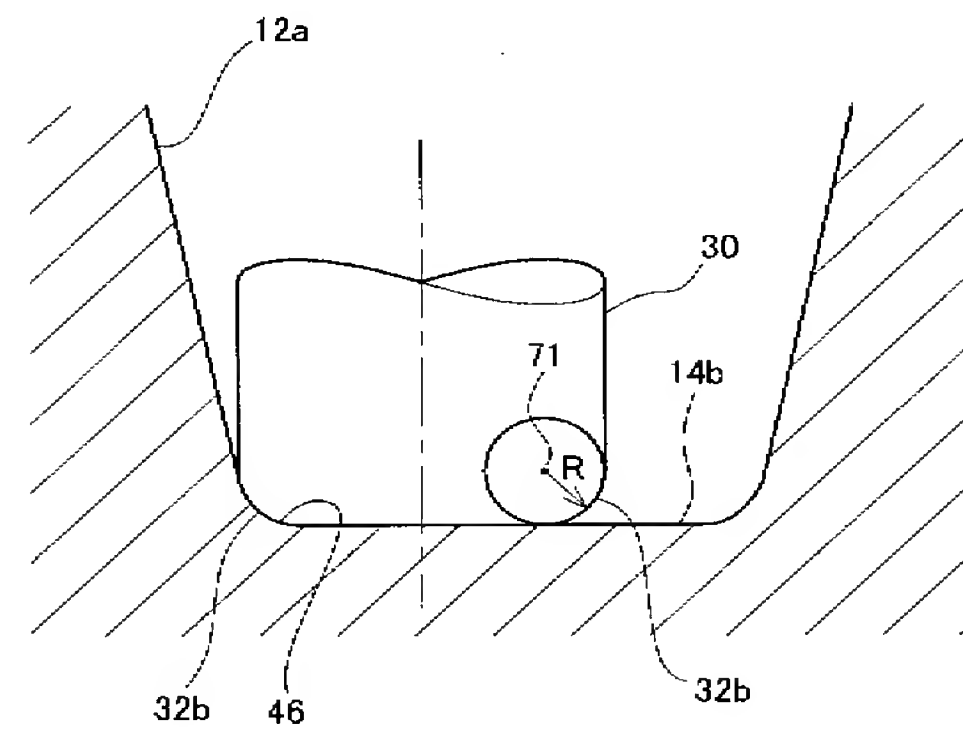
【図 20】



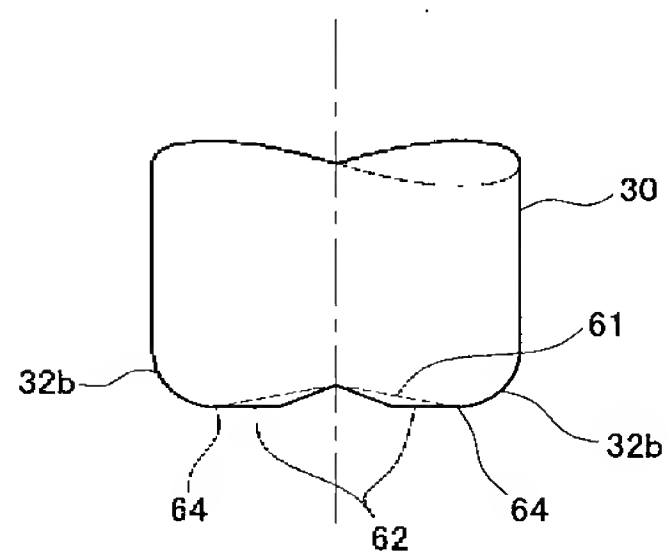
【図 19】



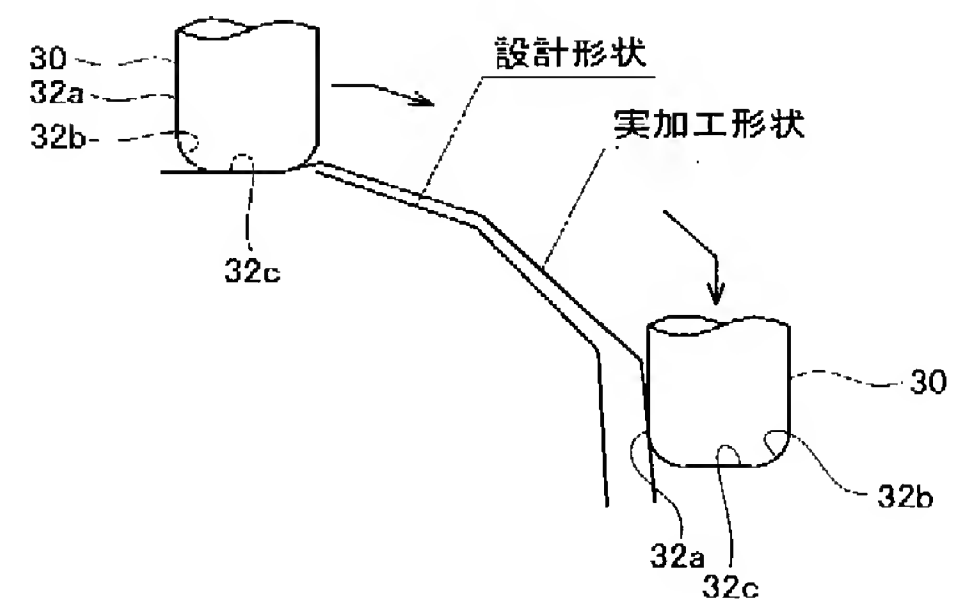
【図 21】



【図 22】



【図 24】



【図 23】

